

• ⚡ •

*Індукторний електрогенератор містить зубчастий статор з двох пакетів і зубчастий ротор. Кільцева обмотка збудження розташована між пакетами статора, а в його пазах – якірна обмотка, в якій індуктується ЕРС*

• ⚡ •

УДК 620.92

**В.Я. Жарков**, канд. техн. наук  
Таврійський державний агротехнологічний університет

## **ВІТРОЕЛЕКТРОАГРЕГАТ З ІНДУКТОРНИМ ГЕНЕРАТОРОМ ДЛЯ АВТОНОМНОЇ МЕРЕЖІ TNS**

**Вступ.** Індукторний генератор був винайдений в Англії у середині XIX століття. У Росії першим розробкою індукторних генераторів займався видатний російський електротехнік П.М. Яблочков, який в 1877 р. узяв французький патент на електричний генератор змінного струму, що був названий автором «магніто-динамо-електричною машиною». У цій машині намагнічувальна обмотка і обмотка якоря, у якій наводилася ЕРС, були нерухомими. Обертася зубчастий сталевий диск, який змінював при обертанні величину магнітного потоку, що пронизує якірну обмотку, у якій наводилася ЕРС.

Пізніше принцип дії цього генератора був використаний нашим співвітчизником харківчанином Клименком, який у 1882 р. побудував генератор з досить великою на той час потужністю - 3,5 кВт. Дослідженням індукторних генераторів і порівнянням їх зі звичайними перемінно-полюсними машинами займався також М.О. Доліво-Добровольський.

Подальшому розвитку індукторних генераторів сприяла поява радіо. Необхідно було створювати потужні джерела живлення антенного контуру радіостанції на частоті не нижче 50...60 кГц.

Поява генераторних катодних ламп і подальше підвищення робочих радіочастот призвело до поступового витіснення індукторних генераторів із цієї області.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Однією з перших робіт, присвячених теорії розрахунку індукторних генераторів з постійним потоком, є стаття А.Е. Алексєєва, опублікована в 1930 р. У роботах [1,2] дається опис й фізичне пояснення роботи індукторних генераторів різного типу.

Особливістю однойменно полюсних індукторних генераторів в тім, що всі його обмотки розташовані на статорі, який збирається з листів електротехнічної сталі й має пази, у які укладається обмотка якоря. Пази можуть бути відкритими й напівзакритими. Ротор виконується шихтованим і має відкриті пази, у які обмотки не укладаються. Обмотка якоря намотується на зубці статора.

Обмотка збудження являє собою кільцеву обмотку, що обхватує ротор і вал машини. Пакети статора і ротора намагнічуються магнітним потоком збудження в одному напрямку по всій окружності поперечного перерізу, чим і пояснюється назва цього типу індукторних генераторів. При обертанні в уніполярному потоці ротор машини не перемагнічується й втрат у ньому не виникає.

В однойменнополюсних генераторах по ярмах статора й ротора замикається весь потік машини, у той час як у різнойменнополюсних генераторів - тільки половина потоку полюса [2].

**Мета статті.** Розробка безредукторного тихохідного вітроелектроагрегату для автономної мережі TNS, що живить невеликі фермерські, селянські і дачні господарства.



Із-за зубчастої будови статора й ротора магнітний потік у межах полюсного розподілу машини не буде розподілятися рівномірно. Більша частина його буде проходити на ділянках, де зубець ротора розташовується під зубцем статора, а найменша – де під зубцем статора розташовується паз ротора. У результаті цього розподіл індукції в повітряному зазорі генератора буде мати вигляд, показаний на рис. 2.

Для даного моменту часу в зазорі над зубом 1 ротора 4 індукція має максимальне значення  $B_{\delta\max}$ . При обертанні ротора 4, коли він повернеться на половину свого зубцевого ділення, над зубцем 1 ротора 4 розташується паз статора, і індукція знизиться до  $B_{\delta\min}$ . Таким чином, при обертанні ротора 4 індукція в зазорі пульсує, не змінюючи знака від  $B_{\delta\max}$  до  $B_{\delta\min}$ . Її можна представити у вигляді двох складових: змінної з амплітудою

$$B_{\delta\sim}=0,5(B_{\delta\max} - B_{\delta\min}) \quad (2)$$

і постійної рівної

$$B_{\delta\sim}=0,5(B_{\delta\max} + B_{\delta\min}) \quad (3)$$

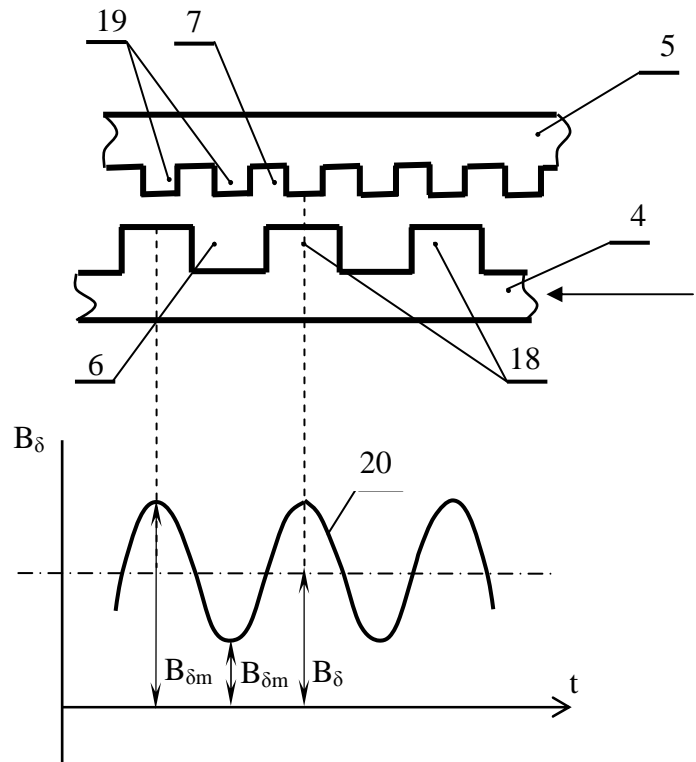


Рис. 2. Зміна магнітної індукції в зазорі

Характеристики індукторних генераторів подібні до аналогічних характеристик звичайних синхронних генераторів. На їхній характер істотний вплив робить реакція якоря, що залежно від виду навантаження може бути поздовжньою й поперечною. Через відносно великі значення індуктивних опорів зовнішня характеристика генератора має сильно падаючий характер. Для зменшення зміни напруги паралельно з обмоткою якоря включають конденсатори, які компенсують вплив індуктивностей машини.

Змінна складова індукції магнітного поля індує ЕРС у котушках обмотки якоря, розташованих на зубцях статора. Період зміни цієї ЕРС відповідає повороту ротора на одне зубцеве ділення. Тому частота ЕРС буде дорівнювати:

$$f = Z_2 n \quad (4)$$

де  $Z_2$  – кількість зубців ротора, а  $n$  – частота його обертання,  $\text{с}^{-1}$ .

Отже збільшення кількості зубців ротора  $Z_2$  призводить до збільшення частоти  $f$  без застосування підвищувального редуктора.

Величина ЕРС в елементарних витках обмотки якоря визначається за виразом

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}, \quad (5)$$

тобто ЕРС пропорційна швидкості зміни магнітного потоку  $\Phi$  індуктора.

Якщо розглядати наведення ЕРС в елементарних провідниках якоря, то буде справедлива також формула

$$e = Blv \quad (6)$$

де  $l$  - активна довжина провідника, що рівна довжині полюса;  
 $v$  - швидкість переміщення полюса відносно якоря.

Якщо величину магнітного потоку полюса  $\Phi$ , що пронизує розглянутий контур, записати як

$$\Phi = Blx, \quad (7)$$

а швидкість переміщення як

$$v = \frac{dx}{dt}, \quad (8)$$

де  $x$  – координата переміщення полюса відносно якоря, то вирази (5) і (6) дадуть однакові результати.

В якості первинного вітро двигуна для приводу генератора можна використати БЕУ з вертикальною віссю обертання, наприклад ротор Савоніуса (рис. 3), що мають низку істотних переваг у порівнянні з БЕУ пропелерного типу. До такого типу БЕУ відносяться установки “Тюльпан”, що виготовляє російська фірма “Нотека – С” [4].

Основні технічні дані установок “Тюльпан”:

- потужність від 1,0 до 800 кВт;
- напруга без перетворювача 12...48 В частотою 50 Гц;
- частота обертання більше 5 хв<sup>-1</sup>;
- діаметр ротора від 1,0 до 10 м (залежно від потужності);
- висота установки від 2,0 до 33 м.

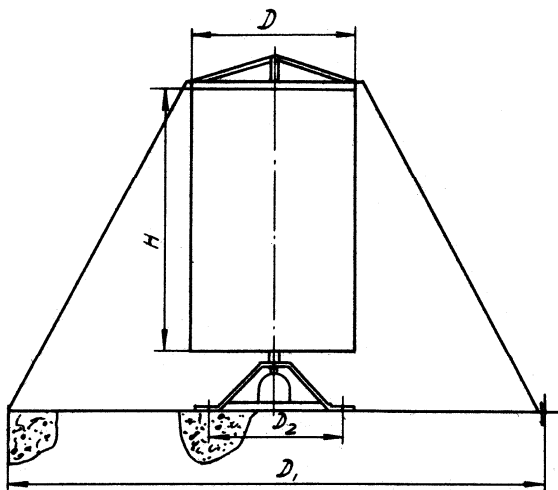


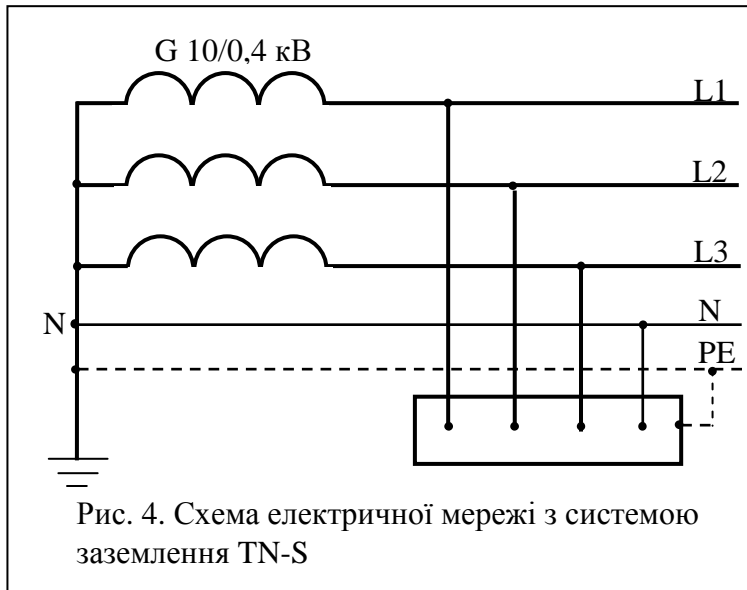
Рис.3. Вітро двигун з ротором Савоніуса

Використання S-образного профілю лопатей забезпечує сталу роботу цих установок за початкової швидкості вітру від 2,5 м/с, а вертикальна вісь обертання дає можливість відмовитися від додаткових пристроїв для орієнтування вітроколеса на вітер.

Для автономної електромережі живлення від індукторного генератора живлення  $G$  найбільш прийнятною є система заземлення TN-S за стандартом МЕК [5].

**Система TN-S** передбачає, що від джерела живлення  $G$  замість чотирьох, йде п'ять проводів (в однофазній мережі – три проводи): три фазних  $L1, L2, L3$ , нейтральний  $N$ - і захисний РЕ-провідники (рис.4) [5].

У такій мережі  $N$ -провідник розділяється з захисним РЕ-провідником на шинах PEN джерела живлення і далі йдуть роздільно на всьому протязі мережі. Нейтральний  $N$ -провідник використовується для живлення однофазних електроприймачів (по ньому протікають робочі струми), а захисний РЕ-провідник – для з'єднання металевих корпусів електроустаткування з заземленою нейтраллю джерела живлення (струм у



ньому в нормальному режимі відсутній і з'являється тільки при аварії). Це створює сприятливі умови для застосування ПЗВ [6]. У такій мережі струми нульової послідовності в нормальному режимі не протікають по заземлювальним пристроям і РЕ-проводникам. При обриві N-проводника порушується робота однофазних електроприймачів, виникає великий перебіс фазних напруг, але умови електробезпечності не порушуються.

При обриві N-проводника в поєднанні з к.з. на корпус устаткування аварійний струм досягає величини уставок спрацьовування струмових захистів (запобіжників чи автоматичних вимикачів) фазних проводників.

**Висновки.** Запатентований вітроелектроагрегат з індукторним генератором дозволяє отримати робочу частоту струму без застосування редуктора. Вітроелектроагрегат доцільно використовувати для електропостачання в автономних мережах з системою заземлення TN-S.

### Література

1. Альпер Н.Я., Терзян А.А. Индукторные генераторы.-М.: Энергия, 1970.-192 с.
2. Токарев Б.Ф. Электрические машины.- М.: Энергоатомиздат, 1990.- 624 с.
3. Пат. 26300 Україна МПК (2007.01) F03D7/06. Безредукторный вітроагрегат/ В.Я.Жарков, А.В.Жарков., А.В. Вужицький. - Опубл.10.09.2007. – Бюл. №14.- 2007.
4. Оборудование для автономного энергоснабжения сельскохозяйственных объектов/ Мишуров Н.П., Кузьмина Т.Н.-М.: Инфрагротех.-1998.- 128 с.
5. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.- К.: Укрархбудінформ, 2001.- 117 с.
6. Жарков В.Я., Мунтян В.О., Кізім І.В. Проблема захисту електроспоживачів в сучасних мережах TN-S та TN-C-S// Збірник наук. Праць Донецького національного технічного університету. Серія „Електротехніка і енергетика”, вип. 8 (140).- Донецьк: ДонНТУ.- С. 183-186.

### ВЕТРОЭЛЕКТРОАГРЕГАТ С ИНДУКТОРНЫМ ГЕНЕРАТОРОМ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ СЕТИ TNS

В.Я. Жарков

*Индукторный электрогенератор содержит зубчатый статор из двух пакетов и зубчатый ротор. Кольцевая обмотка возбуждения размещена между пакетами статора, а в его пазах – якорная обмотка, в которой индуцируется ЭДС.*

### WINDELECTROAGREGAT WITH INDUCTOR GENERATOR TO AUTONOMOUS NET TNS

V.Y. Zharkov

*Inductor electrogenerator contains toothed stator from two packages and toothed rotor. Between the packages of stator the circular puttee of excitation is located, and in his slots is puttee of anchor, in which is induced Electromotive force.*